

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-075973

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

B01J 19/08

C23C 16/455

C23F 4/00

H01L 21/205

(21)Application number : 2001-174595

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 08.06.2001

(72)Inventor : RAOUX SEBASTIEN  
TANAKA TSUTOMU  
NOWAK THOMAS

(30)Priority

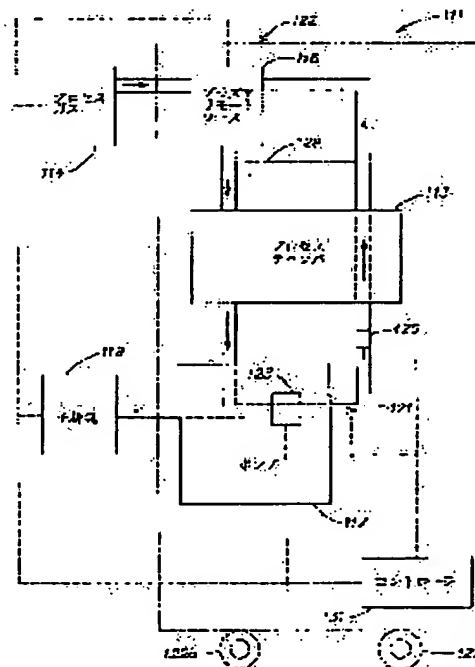
Priority number : 2000 593729 Priority date : 13.06.2000 Priority country : US

**(54) METHOD AND SYSTEM FOR ENHANCING UTILIZATION EFFICIENCY OF GAS UNDER PROCESSING SEMICONDUCTOR**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a processing system comprising a processing chamber and a gas source being coupled with the processing chamber in order to supply gas thereto.

**SOLUTION:** A pump is disposed contiguously to a processing chamber and coupled with the processing chamber in order to pressure feed gas therefrom. Furthermore, the processing system comprises a recycle line being coupled with the pump in order to circulate at least a part of the gas pressure fed from the processing chamber to the processing chamber. A method for cleaning a deposition chamber and etching a semiconductor substrate is also provided.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-75973  
(P2002-75973A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-リ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/3065		B 0 1 J 19/08	H 4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		C 2 3 C 16/455	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/455		C 2 3 F 4/00	A 4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		21/302	N 5 F 0 4 5
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-174595(P2001-174595)

(22) 出願日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(31) 優先権主張番号 09/593729

(32) 優先日 平成12年6月13日 (2000.6.13)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

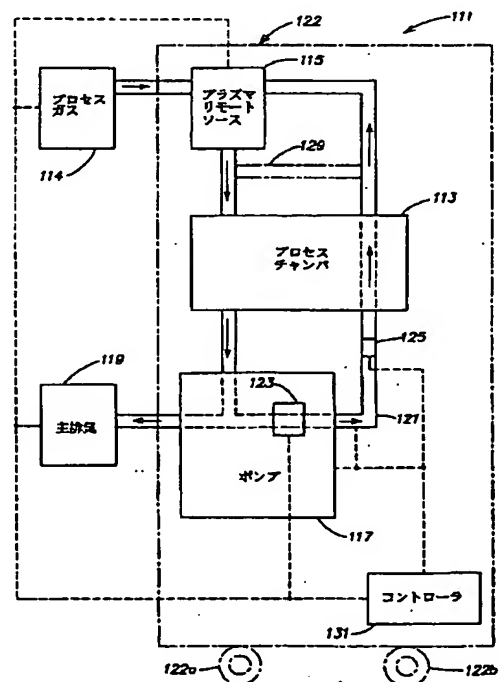
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体処理中のガスの利用効率を向上させるための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 処理チャンバ、およびそこへガスを供給するために処理チャンバへ結合されるガスのソースを含む処理システム

【解決手段】 ポンプは、処理チャンバに隣接して配置され、処理チャンバからガスを圧送するために処理チャンバへ結合される。更に、処理システムは、リサイクルラインを含み、それはポンプへ結合され、処理チャンバから圧送されるガスの少なくとも一部分を処理チャンバへ循環するよう成される。堆積チャンバをクリーニングし、そして半導体基板をエッチングする方法も提供される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理システムであって、  
処理チャンバと、  
処理チャンバに結合され、処理チャンバへガスを供給するよう構成されるガスソースと、  
処理チャンバに隣接して配置され、処理チャンバに結合され、処理チャンバからガスを圧送するよう構成されるポンプと、  
ポンプに結合され、処理チャンバから圧送されるガスの少なくとも一部を処理チャンバへ戻し循環するよう構成されるリサイクルラインとを備える処理システム

【請求項2】 処理チャンバが、エッチングチャンバを備える請求項1に記載の処理システム。

【請求項3】 ガスソースと処理チャンバの間に結合されるリモートプラズマソースを更に備え、リモートプラズマソースは、ガスが処理チャンバに流入する前に、ガスの少なくとも一部分を解離するよう構成される請求項2に記載の処理システム。

【請求項4】 処理チャンバが、ガスを解離するよう構成される反応性種ジェネレータを備える請求項2に記載の処理システム。

【請求項5】 反応性種ジェネレータがプラズマソースを備える請求項4に記載の処理システム。

【請求項6】 処理チャンバと、ポンプと、リサイクルラインが、処理システムのフットプリントを増大させないよう位置決めされる請求項2に記載の処理システム。

【請求項7】 リサイクルラインとポンプの少なくとも一方が、処理チャンバからガスと共に圧送される反応生成物と汚染物質の少なくとも一方を除去するよう構成されるフィルタを備える請求項2に記載の処理システム。

【請求項8】 リサイクルラインとポンプの少なくとも一方が、処理チャンバからガスと共に圧送される反応生成物と汚染物質の少なくとも一方を分離するよう構成される超音波モジュールを備える請求項2に記載の処理システム。

【請求項9】 処理チャンバが、堆積チャンバを備える請求項1に記載の処理システム。

【請求項10】 ガスソースと処理チャンバの間に結合されるリモートプラズマソースを更に備え、リモートプラズマソースは、ガスが処理チャンバに流入する前にガスの少なくとも一部分を解離するよう構成される請求項9に記載の処理システム。

【請求項11】 処理チャンバが、ガスを解離するよう構成される反応性種ジェネレータを備える請求項9に記載の処理システム。

【請求項12】 処理チャンバと、ポンプと、リサイクルラインが、処理システムのフットプリントを増大させないよう位置決めされる請求項9に記載の処理システム。

【請求項13】 リサイクルラインとポンプの少なくと

も一方が、処理チャンバからガスと共に圧送される反応生成物と汚染物質の少なくとも一方を除去するよう構成されるフィルタを備える請求項9に記載の処理システム。

【請求項14】 リサイクルラインとポンプの少なくとも一方が、処理チャンバからガスと共に圧送される反応生成物と汚染物質の少なくとも一方を分離するよう構成される超音波モジュールを備える請求項9に記載の処理システム。

【請求項15】 堆積チャンバをクリーニングする方法であって、

少なくとも一つのチャンバ部品の上に物質が蓄積するプロセスを遂行するよう構成される処理チャンバを提供し、

反応性種で処理チャンバをクリーニングして、当該少なくとも一つのチャンバ部品より蓄積物質を除去し、  
処理チャンバに隣接して配置されたポンプにより処理チャンバから反応性種を圧送し、

処理チャンバから圧送される反応性種の少なくとも一部を処理チャンバへ戻し循環する各操作を有する方法。

【請求項16】 クリーニングガスの一部を解離することによって、反応性種を生成する操作を更に有する請求項15に記載の方法。

【請求項17】 基板をエッチングする方法であって、物質が基板から除去されるプロセスを遂行するよう構成される処理チャンバを用意し、

処理チャンバ内に基板を配置し、  
反応性種で基板をエッチングして物質を基板より除去し、

処理チャンバに隣接して配置されたポンプで処理チャンバから反応性種を圧送し、

処理チャンバから圧送された反応性種の少なくとも一部を処理チャンバへ戻し循環する各操作を有する方法。

【請求項18】 処理ガスの一部を解離することによって反応性種を生成する操作を更に有する請求項17に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般に、半導体処理に関し、特に、半導体処理中にガスの利用効率を増大させるための方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 液晶ディスプレイ、平面パネルディスプレイ、薄膜トランジスタおよび他の半導体素子の製造は、複数のチャンバ内で起り、その各々は基板上で特定のプロセスを遂行するよう設計される。これらのプロセスの多くは、材料（例えば、化学的気相堆積、物理的気相堆積、熱蒸発、基板表面からエッチングされる材料、およびそれらに類似したもの等によって、基板上に層で堆積される材料）のチャンバ表面上への蓄積をもたらす

かもしれない。そのような蓄積された材料は、チャンバ表面から剥がれ落ちる可能性があり、そこで処理されている敏感な素子を汚染してしまうかもしれない。従って、プロセスチャンバは、蓄積された材料を頻繁に（例えば、基板1～6枚ごとに）クリーニングされねばならない。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】チャンバ表面をクリーニングするために、インシチュウのドライクリーニングプロセスが普通採用される。インシチュウのドライクリーニングプロセスでは、一つ以上のガスを解離して一つ以上の反応性ガス種（例えば、フッ素イオン、ラジカル）を形成する。反応性種は、それらの表面上に蓄積された材料と揮発性化合物を形成することによってチャンバ表面をクリーニングする。残念ながら、下で更に説明するように、そのようなチャンバクリーニングプロセスは、常套的にかなりの量のクリーニングガスを消費するだけでなくかなりの量のエネルギーをも消費し、よって、処理チャンバ内で処理される基板当りのコストを望ましくなく増大させる。同様なガスとエネルギーの消費問題は、基板表面から材料をエッチングするために反応性ガス種を採用するプロセス中にも発生する。従って、チャンバ表面から蓄積された材料をエッチングするための、あるいは基板表面から堆積された材料をエッチングするための、方法と装置に対するニーズがある。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の少なくとも一つの実施の形態に従うと、新規の処理システムが提供される。新規の処理システムは、処理チャンバと、そこにガスを供給するための処理チャンバに結合されるガスのソースとを有する。ポンプは、処理チャンバに隣接して配置され、処理チャンバからガスを圧送するために処理チャンバに結合される。更に、処理システムは、リサイクルラインを有し、それはポンプに結合され、処理チャンバから圧送されるガスの少なくとも一部を処理チャンバ内に戻して循環するよう構成される。堆積チャンバをクリーニングし、そして半導体基板をエッチングするための改良方法も提供される。

【0005】下に更に説明するように、ポンプを処理チャンバに隣接して位置決めすることによりエネルギー消費量を低減してもよい。更に、本明細書に説明する本発明の方法と装置は、クリーニングプロセスやエッチングプロセス中に、ガス消費量を低減し、所要電力を低減し、有害な雰囲気汚染物（HAP）の放出を低減し、地球温暖化ガス／PFCの放出を低減できる。従って、本発明は、半導体素子製造（例えば、経済と環境面）での総合的なコストを低減することが可能になる。

【0006】本発明の他の特徴と利点は、以下の好ましい実施の形態の詳細な説明、付随する特許請求の範囲、および添付図面から、より完全に明らかになる。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の処理システム111の側面線図である。図1を参照すると、本発明の処理システム111は、プロセスガスのソース114（例えば、 $\text{NF}_3$ のソース）へリモートプラズマソース115経由で結合され、ポンプ117（例えば、機械的ポンプ、ターボ分子ポンプ等）へ結合される処理チャンバ113を備えている。ポンプ117は主排気装置119（例えば、無塵室の主排気装置等の複数の処理チャンバによって使用される排気装置）へ結合され、リサイクルライン121がポンプ117とリモートプラズマソース115との間に結合される。

【0008】本発明に従うと、従来の処理システム構成とは異なり、ポンプ117が処理チャンバ113に隣接して位置決めされ、（以下に説明するように）反応性種が処理チャンバ113からポンプ117へ移動する際における少なくとも一つの反応性種（例えば、F）の再結合を低減する。ポンプ117は、処理チャンバ113から約30cm以内に配置されるのが好ましい。リサイクルライン121も、比較的短い長さを有するように（例えば、下記のごとく反応性種がポンプ117からリモートプラズマソース115へや処理チャンバ113へ移動する際少なくとも一つの反応性種の再結合を低減するように）構成される。リサイクルライン121は、約100cm以下の長さを有するのが好ましい。ポンプ117が処理チャンバ113に隣接することと比較的短いリサイクルライン121を使用することとの組合せにより、反応性種が処理チャンバ113を離れそこへ戻る経路長を比較的短くすることができる（例えば、反応性種が処理チャンバ113へのその戻りの間に再結合するであろう確率を低減する）。本発明の少なくとも一つの実施の形態では、処理チャンバ113、リモートプラズマチャンバ115、ポンプ117、およびリサイクルライン121は、モジュラーユニット122（想像線で示す）を形成でき、や、小さいフットプリントを占められてもよい。モジュラーユニット122は（例えば、想像線で示す車輪122a-bによって表されるように）可動式であってもよい。

【0009】処理チャンバ113は、半導体製造プロセス（例えば、堆積、エッチング等）を基板（図示せず）上で遂行するように成される、堆積チャンバ、エッチングチャンバ等のいずれか適した処理チャンバで構成されてもよい。実施例の堆積チャンバは、アブライドマテリアルズのDxZチャンバであり、実施例のエッチングチャンバは、アブライドマテリアルズのMxPチャンバである。

【0010】リモートプラズマソース115は、プロセスガスソース114からリモートプラズマチャンバ115へ供給されるプロセスガスの一部分を解離する能力のある、マイクロ波放電プラズマソース、誘導結合プラズ

マソース、無音バリア放電プラズマソース、静電容量結合プラズマソース、トロイダルプラズマソース、またはいずれか他のプラズマソース等のいずれか従来のプラズマソースで構成されてもよい。実施例のリモートプラズマソースは、Astex社のアストロントロイダルプラズマソースである。

【0011】本明細書に説明する実施例の実施の形態では、プロセスガスソース114は、 $\text{NF}_3$ のソースを備え、プロセスチャンバ113は、(1)堆積チャンバであって、 $\text{NF}_3$ から形成される反応性種(例えば、フラジカル)を採用して、堆積チャンバの表面からケイ素含有材料をエッチングする(例えば、堆積チャンバのチャンバ表面をクリーニングする)堆積チャンバ;または(2)エッチングチャンバであって、 $\text{NF}_3$ から形成される反応性種を採用して、半導体基板上に形成されたケイ素含有材料の層をエッチングする(例えば、基板をパターン化する)エッチングチャンバのいずれかを備える。具体的には、この技術で既知のように、 $\text{NF}_3$ は、フラジカルを形成するようプラズマチャンバ(例えば、リモートのプラズマソース115)内で解離されてもよく、これらフラジカルは、ケイ素含有材料の層(例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$ 等)と反応して揮発性の反応生成物(例えば、 $\text{SiF}_4$ )を形成するかもしれない。その後、揮発性反応生成物は、処理チャンバから真空ポンプ(例えば、ポンプ117)経由で排気されてもよく、クリーニングされたチャンバ表面(例えば、堆積チャンバをクリーニングするよう採用される場合)またはエッチングされた基板(例えば、基板をエッチングするよう採用される場合)の何れか一方を残す。一般的に、本発明は、他の処理チャンバと他のガス(例えば、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8\text{O}$ 等)で採用されてもよいことが理解されよう。

【0012】チャンバ内での従来のクリーニング/エッチングプロセス中に、プロセスガス(例えば、 $\text{NF}_3$ )やプロセスガスの解離から形成される反応性種(例えば、フラジカル)は、チャンバへ(例えば、チャンバの取入口または質量流量コントローラ経由で)連続的に供給され、チャンバから(例えば、取出口経由で)連続的に圧送される。それによって、プロセスガスや反応性種のチャンバを通る連続的流れを結果として生じる。プロセスガスが $\text{NF}_3$ 等の地球温暖化ガスの場合、 $\text{NF}_3$ がチャンバに流入する前に $\text{NF}_3$ の略全て(例えば、99%)を解離するよう非常に大きいプラズマ電力が(例えば、リモートのプラズマソース115内で)普通採用される。このように、連続的ガスの流れの使用にもかかわらず、クリーニング/エッチング中、 $\text{NF}_3$ はチャンバからほとんど排気されないであろう。それでもなお、 $\text{NF}_3$ の解離によって生成されるフラジカルの少部分だけが、排気される前に、常にチャンバ/基板表面に到達し、そしてそれと反応するだけなので、(例えば、その

ような高い解離効率にもかかわらず、F原子の $\text{F}_2$ 分子への再結合の故に)フラジカルの利用効率は低い。従来のクリーニング/エッチングプロセス中に排気される大温度の $\text{F}_2$ 分子は、 $\text{F}_2$ が有害な大気汚染物であることによる、更なる懸念を示す。

【0013】図1の本発明の処理システム111は、上記の欠点を、クリーニングまたはエッチング中に処理チャンバ113から圧送されるガスの一部分を「再循環」し、同時に、処理チャンバ113に隣接するポンプ117および比較的短い長さを有するリサイクルライン121を採用することによって克服する。例えば、処理チャンバ113内でのクリーニングプロセス中に、プロセスガスソース114は、 $\text{NF}_3$ をリモートプラズマソース115へ供給し、リモートプラズマソース115は、 $\text{NF}_3$ をフラジカルに解離する。フラジカルはリモートプラズマソース115から処理チャンバ113内へ移行し、フラジカルの一部分はチャンバ表面と反応して $\text{SiF}_4$ 等の揮発性反応生成物を形成する。「未反応」のフラジカル、何れの不解離の $\text{NF}_3$ 、および揮発性反応生成物は、フラジカルの再結合から形成される可能性のある何れかの $\text{F}_2$ と一緒に、処理チャンバ113からポンプ117経由で圧送される。

【0014】従来のクリーニングプロセスのように、処理チャンバ113から圧送されるガスの一部分は、主排気装置119経由で排気されてもよい。しかし、従来のクリーニングプロセスと異なり、処理チャンバ113から圧送されるガスの少なくとも一部分は、リサイクルライン121経由で再循環される。具体的には、リサイクルライン121は、処理チャンバ113から圧送されるガス(例えば、 $\text{F}_2$ 、フラジカル、 $\text{NF}_3$ 等)の一部分を、リモートプラズマソース115へ(または、下に説明するように、処理チャンバ113へ直接的に)戻る方向に向け、ここで、何れの再循環された $\text{NF}_3$ と $\text{F}_2$ は、追加のフラジカルを形成するよう解離されてもよい。次に、追加のフラジカルは、処理チャンバ113内へ導入されてもよい。処理チャンバ113から圧送されるガスの少なくとも一部分を再循環するプロセスは、処理チャンバ113が所望レベルにクリーニングされるまで繰返される。少なくとも一つの実施の形態では、処理チャンバ113、リモートプラズマソース115、ポンプ117、およびリサイクルライン121は、「閉経路」を形成してもよく、それは、 $\text{NF}_3$ 、フラジカル、および $\text{F}_2$ 分子(例えば、および、 $\text{SiO}_2$ がクリーニングされている場合の $\text{SiF}_4$ 、 $\text{O}_2$ 等)を連続的に再循環する。

【0015】処理チャンバ113から圧送されるガスの一部分を再循環することによって提供される利点は、数えきれないほどある。例えば、排気されるガスを再循環することによって、 $\text{NF}_3$ とフラジカルの両方が主排気装置119へ排気される前に多数回処理チャンバ113を通り移行できるので、 $\text{NF}_3$ とFの利用効率は著しく

増大される（例えば、 $\text{NF}_3$ が解離され、そしてフラジカルが反応して揮発性反応生成物を形成する尤度を増大させる）。従って、フラジカルはより効率的に利用されるのでより少ない $\text{NF}_3$ が必要とされ、より少ない $\text{NF}_3$ が消費されるので地球温暖化ガスの放出が低減され、そしてより少ないフラジカルが排気されるので有害な汚染物の放出が低減される。更に、 $\text{NF}_3$ は再循環され直接的に排気されないから、リモートプラズマソース115は、 $\text{NF}_3$ が多数回リモートプラズマソース115を通り移行でき、リモートプラズマソース115を通るその最初の通過中に解離される必要はないから、低電力で動作されてもよい。

【0016】 $\text{NF}_3$ 、フラジカル、や $\text{F}_2$ を再循環することが数えきれない利点を有してもよい一方で、反応生成物の再循環は多分望ましくない。例えば、 $\text{SiF}_4$ が「再循環」され、それによりそれがリモートプラズマソース115にリサイクルライン121から流入する場合、 $\text{SiF}_4$ はリモートプラズマソース115内で解離する可能性があり、リモートプラズマソース115や処理チャンバ113の内部表面上へ $\text{Si}$ を堆積してもよい（例えば、リモートプラズマソース115を破損し、や処理チャンバ113をクリーニングする目的を無にする）。図1を再度参照すると、揮発性反応生成物（例えば、 $\text{SiF}_4$ ）および他の汚染物質の再循環を低減する（その一方で、再循環される $\text{NF}_3$ 、フラジカル、や $\text{F}_2$ を許容する）ために、処理チャンバ113は、反応生成物や汚染物質をガスの噴流から除去する何れか既知の方法を採用してもよい。例えば、ポンプ117やリサイクルライン121は、超音波モジュール（例えば、図1での超音波モジュール123）を採用してもよく、それは、この技術で既知のように、超音波技術を採用して重量や分子の対称性に基づき種を分離する（例えば、 $\text{SiF}_4$ から $\text{Si}$ を分離する）。代替として（または追加として）、粒子フィルタ装置（例えば、図1でのフィルタ125）、例えば、従来の機械的フィルタ、従来の膜、従来の静電捕捉装置、磁気型分離4極装置、質量分離装置、慣性を採用するターボ分子ポンプ等が、ポンプ117やリサイクルライン121で採用されてもよく、リモートプラズマソース115や処理チャンバ113を通る反応生成物や汚染物質の再循環を阻止する。そのような粒子フィルタ装置は、基になるクリーニング/エッチングプロセスのプロセスガス、反応性種、および反応生成物の侵襲に対して耐性であるのが好ましい。リモートプラズマソース115や処理チャンバ113を通る反応生成物や汚染物質の再循環を阻止するようポンプ117やリサイクルライン121内に採用されてもよい他の技術や装置は、1995年9月25日出願の米国特許出願第08/533,174号、1996年10月30日出願の米国特許出願第08/741,230号、1996年10月30日出願の米国特許出願第08/741,2

72号、米国特許第6,045,618号に記述され、各々はその全体を引用して本明細書に組み込まれる。

【0017】上記で説明した再循環プロセスの効率を改善するために、上記で説明したプロセスと処理チャンバ113の多くの変形が採用されてもよい。例えば、 $\text{F}_2$ 、フラジカル、反応生成物/汚染物質、および他の「再循環」されたガスのリモートプラズマソース115内への（ポンプ117からの）導入により、リモートプラズマソース115内のプラズマの組成/インピーダンスが変化する可能性がある。それ故に、（1）再循環されるガスの一部分を直接処理チャンバ113内へ向け直す（例えば、再循環されるガスがリモートプラズマソース115内のプラズマに対して有する影響を低減するよう、図1の想像線で示す経路129経由でリモートプラズマソース115を迂回させることによる）；（2）プロセスガスソース114から追加の $\text{NF}_3$ を、再循環される排気ガスと一緒に導入する（例えば、再循環されるガスがリモートプラズマソース115内のプラズマに対して有する影響を「希釈」する）；や（3）再循環されるガスがプラズマに対して有する何れの影響を補償するようプラズマへ印加される電力を調節する（例えば、リモートプラズマソース115の電力整合システムを変更することによって、代替の電力ソース（図示せず）を採用することによる等）；ことが望ましいかもしれない。

【0018】一定の状況では、リモートプラズマソース115を削除すること、またはリモートプラズマソースを一定時間のみ使用することは、（例えば、一定時間のリモートプラズマソース115を通る再循環されるガスを迂回させることによって）可能であってもよい。例えば、本発明に従い、ポンプ117を処理チャンバ113に隣接して置くことによって、および比較的短いリサイクルライン121を採用することによって、幾つかの場合には、処理チャンバから圧送されるフラジカルは、フラジカルが再結合して $\text{F}_2$ を形成する前に、リサイクルライン121と経路129経由で処理チャンバ113へ再導入されてもよい（例えば、ケイ素含有材料のエッチングで非効率な比較的安定した種）。従って、そのような場合には、充分な数のフラジカルが再結合前に再循環できる場合、リモートプラズマソース115は必要とされないかもしれない。

【0019】フラジカル再結合の可能性を更に減らすために、プロセスガスソース114によって導入される $\text{NF}_3$ は、 $\text{N}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{He}$ 、またはその他の非反応性ガスで（例えば、フラジカルを空間的に分離しその再結合を阻止するよう）希釈されてもよい。代替として、 $\text{NF}_3$ は、振動で励起された非反応性ガス（例えば、 $\text{N}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{He}$ ）で希釈されることができ、それは、プロセスガスソース114から下流で（例えば、処理チャンバ113、ポンプ117、またはリサイクルライン121内で）エネルギーを解放してもよく、 $\text{F}_2$ 分子を切断する

かまたはF<sub>2</sub>分子を形成することを抑制する。別個のプラズマソース（例えば、リモートプラズマソース115以外の）も、再循環されるNF<sub>3</sub>やF<sub>2</sub>を選択的にイオン化し、その一方でSiF<sub>4</sub>および他の反応生成物をイオン化しないよう採用されてもよい。例えば、処理チャンバ113内のプラズマソース（図示せず）は、プラズマ電力の適切な選択を通して、再循環されるNF<sub>3</sub>やF<sub>2</sub>を選択的にイオン化するよう採用されてもよい。所望の場合、非プラズマイオン化手法またはその他の反応性種ジェネレータ、例えば、紫外線放射ソースまたはその他の放射線ソースは、再循環されるNF<sub>3</sub>やF<sub>2</sub>を、しかしSiF<sub>4</sub>をでなく選択的にイオン化するよう採用されてもよい。一般的に、低い電力レベルをプロセスガスソース114からのNF<sub>3</sub>を解離するよう採用されてもよいので（例えば、NF<sub>3</sub>は再循環され、低い地球温暖化ガス放出を達成するために99%効率で解離される必要はないので）、リモートプラズマソース115の代りにプロセスチャンバのプラズマソースが、NF<sub>3</sub>を解離するよう採用されてもよいことに注目されたい。

【0020】コントローラ131（例えば、一つ以上の従来のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ）が、プロセスガスのソース114、リモートプラズマソース115、ポンプ117、主排気装置119、リサイクルライン121（例えば、コントローラ131を、図示しないスロットル弁へ結合することによって）、超音波モジュール123、やフィルタ125の一つ以上へ結合でき、本発明に従い処理システム111に（例えば、クリーニングまたはエッチング中に処理チャンバ113から圧送されるガスの少なくとも一部分を再循環するよう、再循環されるガスの量を制御するよう、クリーニングまたはエッチング中に処理チャンバ113の動作を制御するよう、超音波モジュール123やフィルタ125の動作を制御するよう等）指示するためのコンピュータプログラムコードを含んでもよい。

【0021】図2は、本発明の処理システム211の側面線図であり、それは図1の本発明の処理システム111に対する実施例の実施の形態を表す。図2を参照して、本発明の処理システム211は、前駆体ガスのソース214（例えば、NF<sub>3</sub>のソース）へリモートプラズマソース215経由で結合され、そしてポンプ217（例えば、機械的ポンプ、ターボ分子ポンプ等）へ結合される堆積チャンバ213を備える。ポンプ217は、主排気装置219（例えば、無塵室の主排気装置等の複数の処理チャンバによって使用される排気装置）へ結合され、リサイクルライン221は、ポンプ217とリモートプラズマソース215との間に結合される。ポンプ217は、堆積チャンバ213に隣接して位置決めされ、反応性種が処理チャンバからポンプ217へ移行する場合に、少なくとも一つの反応性種（例えば、F）の再結合を低減し、リサイクルライン221も、比較的短

い長さを有するように（例えば、下に説明するように、反応性種がポンプ217から、リモートプラズマソース215へや堆積チャンバ213へ、移行する場合に、少なくとも一つの反応性種の再結合を低減するよう）構成される。ポンプ217やリサイクルライン121は、超音波モジュール223や粒子フィルタ装置225を採用してもよく、以前に説明したように反応性生成物/汚染物質の再循環を低減する。スロットル弁（図示せず）は、ポンプ217と粒子フィルタ装置225との間に採用されてもよく、チャンバ213から圧送されそこへ再循環されるガスの量を微調整する。

【0022】本発明の少なくとも一つの実施の形態では、堆積チャンバ213、リモートプラズマチャンバ215、ポンプ217、およびリサイクルライン221は、モジュラーユニット222（想像線で示す）を形成できる。加えて、ポンプ217やリサイクルライン221は、堆積チャンバ213より上またはより下に位置決めでき、それによりシステムのフットプリントは最小となる。モジュラーユニット222は可動式であってもよい（例えば、想像線で示す車輪222a-bによって表されるように）。

【0023】本発明の処理システム211の基礎になり得る実施例の処理システムは、アプライドマテリアルズ社により製造されるDxZチャンバ、アプライドコマツテクノロジー社により製造され米国特許第5,788,778号に記述されるAKT-1600PECVDシステム、アプライドマテリアルズ社により製造され米国特許第5,812,403号に記述されるGIGAFILELL処理システムを挙げることができる。

【0024】堆積チャンバ213は、処理ガスとクリーニングガスを、堆積チャンバ213へ送出するための開口227a-uおよび裏打プレート229を持つガス分配プレート227と、堆積チャンバ213内で処理される基板233を支持するためのサセプタ231とを備える。サセプタ231は、基板233の温度を処理温度へ上昇させ、そして処理中に基板233を処理温度に維持するための加熱器制御部237へ結合される加熱器素子235（例えば、抵抗性加熱器）を含む。

【0025】昇降機構239がサセプタ231へ結合され、下に説明するように、基板233をサセプタ231から持上げることを可能にする。具体的には、（リフトピンホルダ243によって固定的に保持される）複数のリフトピン241は、（複数のリフトピン開口245を通り）サセプタ231を貫通し、それにより、サセプタ231が昇降機構239によって下降される場合に、基板233に接触してサセプタ231から持上げる。更に、堆積チャンバ213は、チャンバ壁上に蓄積する材料を遮断し、そして除去されクリーニングが可能なチャンバ壁裏張り247、および基板233の縁に張出し、それによって基板233の縁上に堆積即ち蓄積する材料



を阻止する陰フレーム249を備える。

【0026】上記で説明した機能に加えて、ガス分配プレート227とサセプタ231はまた、堆積チャンバ213内でプラズマを生成するために、それぞれ平行プレート上側および下側電極としての役目を果たす。例えば、サセプタ231は接地され、ガス分配プレート227はRFジェネレータ251へ結合されてもよい。それにより、RFプラズマは、ガス分配プレート227とサセプタ231との間に、RFジェネレータ251によってそこへ供給されるRF電力の印加により生成されてもよい。

【0027】更に、処理システム211は、第1ガス供給システム253を備え、それは堆積チャンバ213の取入口255へ、裏打プレート229とガス分配プレート227を通しそこへ処理ガスを供給するために結合される。第1ガス供給システム253は、堆積チャンバ213の取入口255へ結合される弁コントローラシステム257（例えば、コンピュータ制御の質量流量コントローラ、流量計等）、および弁コントローラシステム257へ結合される複数のプロセスガスソース259a、259bを備える。弁コントローラシステム257は、堆積チャンバ213への処理ガスの流量を調整する。採用される特定の処理ガスは、堆積チャンバ213内で堆積されている材料に依存する。

【0028】第1ガス供給システム253に加えて、処理システム211は第2ガス供給システム261を備え、それは堆積チャンバ213の取入口255へ（リモートプラズマソース215経由で）、堆積チャンバ213のクリーニング中に（例えば、チャンバ213の種々の内部表面から蓄積された材料を除去するよう）そこへクリーニングガスを供給するために結合される。第2ガス供給システム261は、リモートプラズマソース215へそれぞれ弁コントローラシステム269と弁コントローラシステム271経由で結合される前駆体ガスソース214と搬送ガスソース267を備える。普通の前駆体クリーニングガスは、この技術で既知のように、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{C}_2\text{Cl}_6$ 等を含む。搬送ガスは、採用される場合、採用されているクリーニングプロセスに適合する何れのガスを含んでもよい（例えば、アルゴン、ヘリウム、水素、窒素、酸素等）。前駆体ガスソースと搬送ガスソース214、267は、所望の場合、前駆体ガスと搬送ガスの適性な混合物を含有する単一のガスソースで構成されてもよい。

【0029】動作では、堆積チャンバ213のその表面から材料（例えば、Si）除去するクリーニング中に、前駆体ガス（例えば、 $\text{NF}_3$ ）が、前駆体ガスソース214からリモートプラズマソース215へ送出される。前駆体ガスの流量レートは、弁コントローラシステム269によって設定される。リモートプラズマソース215は、前駆体ガスの一部分を活性化して一つ以上の反応

性種を形成し（例えば、 $\text{NF}_3$ を解離してフッ素ラジカルを形成し）、それは堆積チャンバ213へガス伝導配管263を通り移行する。従って、リモートプラズマソース215は、堆積チャンバ213へ結合され、反応性種をそこへ送出する「反応性種ジェネレータ」として役目を果たす。サセプタ231とガス分配プレート227はまた、その間へ印加されるRF電力が前駆体ガスを解離し得るので、堆積チャンバ213へ結合される反応性種ジェネレータとして役目を果たしてもよいことに注目されたい。

【0030】リモートプラズマソース215によって生成された一つ以上の反応性種は、取入口255を通り、裏打プレート229を通り、ガス分配プレート227を通り、そして堆積チャンバ213内へ移行する。搬送ガスは、搬送ガスソース267からリモートプラズマソース215へ供給されてもよく、チャンバ213への一つ以上の反応性種の輸送を援助、やRFプラズマがチャンバクリーニング中に採用される場合に堆積チャンバ213内でのチャンバクリーニングまたはプラズマ始動/安定化を補助する。

【0031】搬送ガスソース267によって供給される搬送ガスはまた、リモートプラズマソース215によって生成される反応性種を希釈する役目を果たすことができ、反応性プラズマソース215から下流で（例えば、堆積チャンバ213、ポンプ217、またはリサイクルライン221内で）エネルギーを解放する可能性のある振動で励起された非反応性ガスを含むことができ、再結合した反応性種（例えば、 $\text{F}_2$ 分子）を切断するかまたは反応性種を再結合することを抑制する。

【0032】リモートプラズマソース215内で形成された反応性種が堆積チャンバ215に流入すると、反応性種の一部分は、チャンバ表面と反応して揮発性反応生成物（例えば、 $\text{NF}_3$ が前駆体ガスの場合、 $\text{SiF}_4$ ）を形成する。「未反応」の反応性種（例えば、未反応のフラジカル）、何れの不解離の前駆体ガスと揮発性反応生成物は、堆積チャンバ213からポンプ217経由で、反応性種の再結合からの何れの副生成物（例えば、フラジカルから形成される $\text{F}_2$ ）と一緒に圧送される。

【0033】従来のクリーニングプロセスのように、堆積チャンバ213から圧送されるガスの一部分は、主排気装置219経由で排気されてもよい。しかし、従来のクリーニングプロセスとは異なり、堆積チャンバ213から圧送されるガスの少なくとも一部分は、リサイクルライン221経由で再循環される。具体的には、リサイクルライン221は、堆積チャンバ213から圧送されるガス（例えば、フラジカル等の反応性種、 $\text{F}_2$ 等の再結合された反応性種、 $\text{NF}_3$ 等の前駆体ガス等）の一部分を、リモートプラズマソース215へ（または、図1を参照して以前に説明したように、堆積チャンバ213へ直接的に）戻る方向へ向け、ここで、何れの再循環さ

れた前駆体ガス（例えば、 $\text{NF}_3$ ）および再結合された反応性種（例えば、 $\text{F}_2$ ）は解離される可能性があり、追加の反応性種（例えば、フラジカル）を形成する。次に、追加の反応性種は、堆積チャンバ213へ導入されてもよい。堆積チャンバ213から圧送されるガスの少なくとも一部分を再循環するプロセスは、堆積チャンバ213が所望レベルにクリーニングされるまで、繰返される。処理チャンバ113、リモートプラズマソース215、ポンプ217、およびリサイクルライン221は、ガスを連続的に再循環する「閉経路」を形成することができる。

【0034】説明したように、堆積チャンバ213等の処理チャンバから圧送されるガスの一部分を再循環することによって提供される利点は、数えきれないほどある。例えば、排気されるガスを再循環することによって、前駆体ガスと反応性種の利用効率は、両方が排気される前に多数回処理チャンバを通り移行できるので、著しく増大する（例えば、前駆体ガスが解離され、そして反応性種が反応して不揮発性反応生成物を形成する可能性を増大させる）。従って、より少ない前駆体ガスが必要とされ、より少ない汚染物が排気される。更に、前駆

体ガス（例えば、 $\text{NF}_3$ ）は再循環され直接的に排気されないで、リモートプラズマソースは、（例えば、前駆体ガスは多数回リモートプラズマソースを通り移行でき、リモートプラズマソースを通るその最初の通過中に解離される必要はないので）低電力で動作されてもよい。表1は、従来の $\text{NF}_3$ クリーニングプロセスのための前駆体ガスの流量レート、電力レベル、および放出される有害な大気汚染物と、図2の本発明の構成（例えば、堆積チャンバ213に隣接するポンプ217および短い長さのリサイクルライン221、その両方は反応性種の再結合を低減する）を採用する $\text{NF}_3$ クリーニングプロセスのための予測される前駆体ガスの流量レート、電力レベル、および放出される有害な空気汚染物との間の比較を一覧表にする。表1に示すように、図2の本発明の処理システム211の使用により、 $\text{NF}_3$ の消費量は2～4倍低減され、リモートプラズマの電力レベルは約3倍低減され、そして有害な空気汚染物（例えば、 $\text{F}_2$ ）の放出は約10倍以上低減されることが予測される。

【0035】

【表1】

従来の $\text{NF}_3$ クリーニングパラメータ	処理システム211に対して 予測される $\text{NF}_3$ クリーニングパラメータ
クリーニングプロセス中 2リットル $\text{NF}_3$ /分	クリーニングプロセス中 0.5～1リットル $\text{NF}_3$ /分
リモートプラズマソース電力 5kW	リモートプラズマソース電力 1.5kW
クリーニング中 $\text{F}_2$ の発生 2～2.5リットル	クリーニング中 $\text{F}_2$ の発生 0.2～0.25リットル

【0036】ここでの説明は本発明の好ましい実施の形態のみを開示しており、本発明の範囲内に該当する上記で開示された装置と方法の変更は、当該技術に精通する者にとって容易に明らかであろう。例えば、本発明は主としてエッチングおよびクリーニングプロセスを参照して説明してきたが、本発明は、他のプロセス（例えば、非半導体プロセス）への適用性を有することが理解されよう。

【0037】従って、本発明はその好ましい実施の形態に関連して開示されたが、先に記載の特許請求の範囲によって定義されるような、本発明の精神と範囲内に他の

実施の形態が該当してもよいことは理解されねばならない。

【図面の簡単な説明】

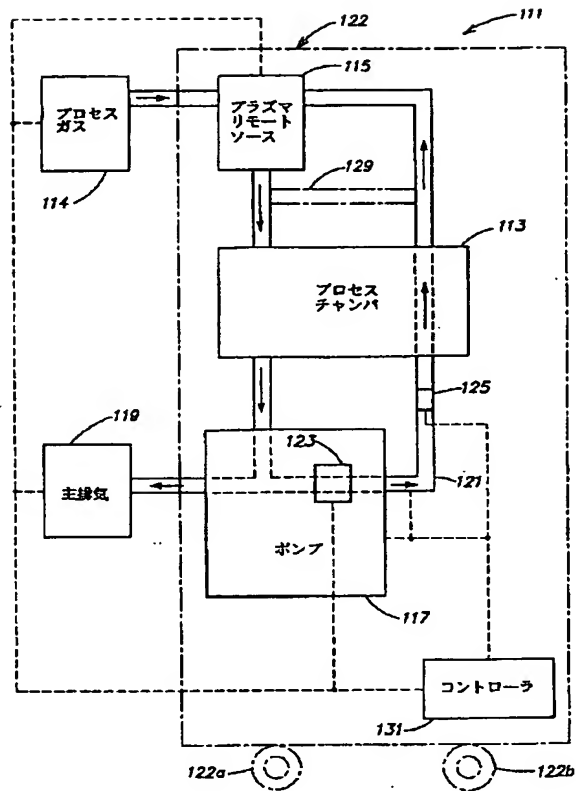
【図1】本発明の処理システムの側面線図である。

【図2】図1の本発明の処理システムのための実施例の実施の形態を表す本発明の処理システムの側面線図である。

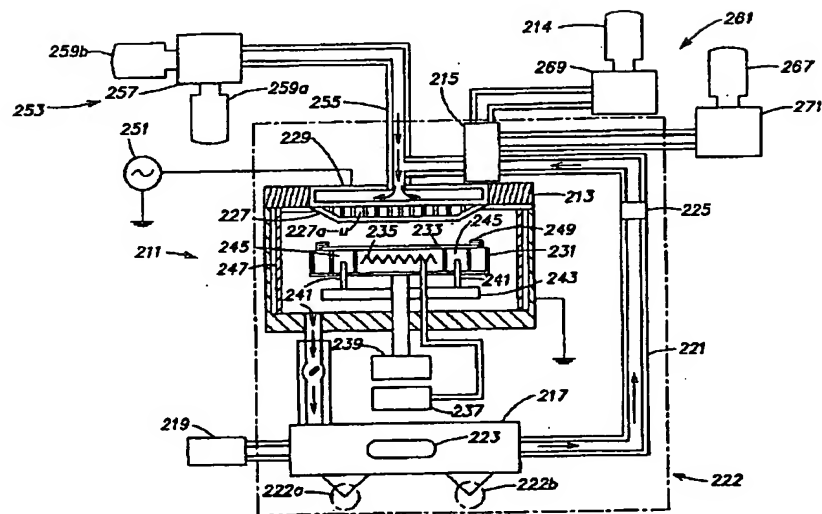
【符号の説明】

114…プロセスガス、115…リモートプラズマソース、113…プロセスチャンバ、117…ポンプ、119…主排気装置、131…コントローラ。

【図1】



【図2】



## フロントページの続き

(72)発明者 セバスチャン ラオウクス  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
クバティノ, セニック ブルヴァード  
10020

(72)発明者 ツトム タナカ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サンタ クララ, ニコルソン アヴェニ  
ュー 744

(72)発明者 トーマス ノワック  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
クバティノ, フォージ ウェイ 20677  
ナンバー 217

Fターム(参考) 4G075 AA24 AA30 BC06 BD14 CA23  
CA47 DA01 EB41  
4K030 CA04 DA04 DA06 EA14 LA15  
LA18  
4K057 DA01 DB06 DD01 DE01 DE02  
DE06 DE07 DE08 DE09 DE14  
DM02 DM37 DM38 DM40 DN01  
5F004 AA15 BA03 BB28 BC04 BC08  
BD04 DA00 DA01 DA02 DA03  
DA05 DA16 DA18 DA22 DA23  
DA24 DA25 DA26 DB00 DB03  
DB07  
5F045 AA03 AC11 AC15 AC16 AC17  
BB15 EB06 EG08 EG09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**